

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ВИРОБНИЦТВА БІОВОДНЮ ШЛЯХОМ  
АНАЕРОБНОГО ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

*Козловець О.А., к.т.н, технолог, ПП «Київбудпроект»*

*Шинкарчук М.В., аспірант, КПП ім. Ігоря Сікорського*

*aakozlovac@gmail.com*

Анаеробна обробка є основною технологією для отримання відновлювальної енергії з органічних відходів та стічних вод, оскільки передбачає перетворення органічної сировини на водень та метан, які можуть використовуватися для виробництва електроенергії та тепла, і дають низький вихід надлишкового осаду, який можна використовувати як високоякісне біодобриво [1]. Така технологія здатна не тільки знижувати антропогенний вплив на природне середовище, а й давати можливість компенсувати (повністю, частково або з надлишком) економічні затрати на її впровадження та використання.

Стічні води можна розглядати з однієї сторони, як проблемне екологічне питання, пов'язане з неефективністю застарілих та високою вартістю нових технологій їх очищення, а з іншої сторони, як величезний ресурс енергії для побічних корисних продуктів. Також анаеробна обробка актуальна тим, що енергія метану або водню, джерелом яких є стічні води, може суттєво знизити вартість очищення стоків і підвищити якість очищеної стічної води на виході.

Метою даної роботи є теоретичне обґрунтування можливості отримання водню в процесі очищення стічних вод анаеробним методом та визначення ключових проблемних місць вирішення, яких дасть можливість впровадження даної технології.

На сьогодні добре вивчене питання анаеробного очищення стічних вод на основі UASB-реакторів та IC-реакторів, яке ефективно проходить за оптимального співвідношення C:N у субстраті за участі асоціації мікроорганізмів в чотири стадії [2]. Кожен етап метаногенезу супроводжується

присутністю водню, який впливає на процес утворення метану, при чому може слугувати як донором електронів у гідрогентотропному шляху метаногенезу, так і інгібітором при метилотропному чи ацетастичному шляху. Метаногени характеризуються наявністю гідрогенази – ферменту, який бере участь в процесах окиснення  $H_2$  при виробництві  $CH_4$  і перетворенні  $CO_2$ . Однак в умовах інгібування процесу утворення метану, можливим є продукування  $H_2$  і  $CO_2$  з  $CO$  і  $H_2O$  (так звана шифт-реакція) [3]. Наприклад, при неоптимальному співвідношення  $C:N$  в середовищі зброджування серед асоціації мікроорганізмів переважає ріст та розвиток облігатних та факультативних анаеробів, що призводить до утворення  $H_2$  і пониження рН середовища, що не дає можливості розвитку метаногенів. Натомість розвиваються продуценти водню, які синтезують  $H_2$  з оцтової, масляної кислот та етанолу. Однак продукування біоводню в такий спосіб має певні проблемні моменти, без вирішення яких налагодити процес неможливо.

В першу чергу, співвідношення  $C:N$  впливає на вихід водню, зокрема при  $C:N$  47 можна отримати 11,13 ммоль  $H_2$ /гХСК, а при  $C:N$  200 – 6,33 л $H_2$ /л субстрату [4].

Такі фактори, як температура і HRT (гідравлічний час утримання) також важливі [5]. Занадто довгий або короткий гідравлічний час утримання призведе до несприятливої метаболічної активності мікроорганізмів. Виробництво водню збільшувалося до більш високого значення при збільшенні гідравлічного часу утримання, коли мікроорганізми мали достатньо часу для обробки субстратів, однак при очищенні стічних вод достатньо до 5 годин для виходу 22 ммоль  $H_2$ /гХСК [4]. Для виробництва водню температурний діапазон лежить в межах 25-55 °C і залежить від типу реактору. Наприклад, при очищенні стічних вод в UASB-реакторі при температурі 45 °C, вихід водню становив 13,52 ммоль  $H_2$ /гХСК [6].

Ферментація водню зі стічних вод сприятлива при рН 5,0-5,5 [5]. Саме такий діапазон рН сприятливий для підтримання відповідних співвідношень проміжних продуктів, вироблених в середовищі, та для активування

метаболізму специфічних мікроорганізмів-продуцентів водню.

Однак, для очищення стічних вод ідеально підходить нейтральний рН, що не є ефективно при виробництві  $H_2$  [7]. За низького рН мікроорганізми-деструктори не здатні повністю вилучати органічні речовини, що призводить до низького видалення ХСК (від 17% до 52%) [7]. Тобто при отриманні водню виникає питання ефективності очищення стічних вод до певних показників.

Якщо у світі промислові стічні води застосовуються для виробництва водню, то побутові стоки не користуються такою популярністю. Це пов'язано з необхідністю додаткової обробки стічної води (наприклад, в метантенках), оскільки ацидогенна стадія з виробництвом водню потребує подальшої доочистки. Така технологія ефективна для будівництва нових очисних споруд, а не як додаткової стадії на існуючих. За рахунок того, що значна частина очисних споруд України потребує реконструкції та знаходиться в аварійному стані, такий спосіб очищення стічних вод з отриманням біоводню є інноваційним напрямком, який може вирішити питання здешевлення очищення стоків.

#### Список використаних джерел:

1. Satyawali Y. Treatment of rayon grade pulp drain effluent by upflow anaerobic fixed packed bed (UAFPBR) / Satyawali Y., Pant D., Singh A., Srivastava R.K. // J. Env. Bio. 2009. № 30. P. 667-672.
2. Козловець О. А. Біотехнологія одержання біогазу при коферментації посліду птахів: дис. канд. техн. наук: 03.00.20: захищена 02.03.18: затв. 12.04.18. Київ. 2018. 217 с.
3. Щурська К.О. Способи продукування біоводню / Щурська К.О., Кузьмінський Є.В. // Наукові вісті НТУУ "КПІ". №3. 2011. С. 107.
4. Mohammadi P. Influences of Environmental and Operational Factors on Dark / Mohammadi P., Ibrahim S., Annur M. S. M., Ghafari S., Vikineswary S., Zinatizadeh A. A. // Fermentative Hydrogen Production: A Review. CLEAN - Soil, Air, Water. 2012. 40 (11). P. 1297-1305.

5. Paudel S. Hydrogen Production in the Anaerobic Treatment of Domestic-Grade Synthetic Wastewater / S. Paudel, Y. Kang, Y.-S. Yoo, G. T. Seo // Sustainability. №7. 2015. P. 16260-16272.
6. Tang G. L. Biohydrogen Production from Cattle Wastewater by Enriched Anaerobic Mixed Consortia: Influence of Fermentation Temperature and pH / G. L. Tang, J. Huang, Z. J. Sun, Q. Q. Tang, C. H. Yan, G. Q. Liu // Biosci. Bioeng. № 106. 2008. P. 80-87.
7. Mohan S. V. Fermentative hydrogen production with simultaneous wastewater treatment: influence of pretreatment and system operating conditions / Mohan S.V. // J. Sci. Ind. Res. № 67. 2008. P. 950-961.